

## РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЛОШАДЕЙ ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

А. А. ЦАРЕНОК, А. Ф. КАРПЕНКО, О. Н. АНТИПЕНКО

Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии  
Национальной академии наук Беларуси»,  
г. Гомель, Республика Беларусь, 246045, e-mail: a.tsarenok@tut.by

(Поступила в редакцию 14.02.2022)

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ПГРЭЗ) является уникальным местом, в котором сохраняется повышенный радиационный фон. Здесь сосредоточено около 30 %  $^{137}\text{Cs}$ , более 70 %  $^{90}\text{Sr}$  и около 97 % трансурановых элементов. С 1996 года на территории заповедника содержатся лошади русской тяжеловозной породы. Действие низкоинтенсивного хронического радиационного воздействия в малых дозах в зоне отчуждения ЧАЭС представляет значительный научный и практический интерес.

Исследование условий содержания и кормления лошадей свидетельствует, что плотность загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  сенокосов и пастбищ, под зерновыми культурами составляет 15–25 Ки/км<sup>2</sup> (555–925 кБк/м<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – от 1,0 до 2,0 Ки/км<sup>2</sup> (37–74 кБк/м<sup>2</sup>). Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе травостоев сенокосно-пастбищных угодий варьирует от 14,2 до 112 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – от 33,8 до 191,0 Бк/кг. В сене злаковом содержание  $^{137}\text{Cs}$  колеблется от 14,2 до 112 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – от 33,8 до 331,0 Бк/кг. В 2021 году содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зерне овса находилось на уровне 10,0 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – 35 Бк/кг, соответственно в зерне тритикале – 5,0 Бк/кг и 40,8 Бк/кг, в зерне ячменя – 7,5 Бк/кг и 49 Бк/кг. Заготовленные для лошадей на зимне-стойловый период грубые и сочные корма с полей экспериментально-хозяйственной зоны заповедника соответствуют нормативным требованиям и пригодны для скармливания лошадям без ограничений. Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сучном рационе лошадей в зимне-стойловый период 2021 года составило около 731,5 Бк/сутки,  $^{90}\text{Sr}$  – 1929 Бк/сутки, в летне-пастбищный период соответственно 1574 Бк/сутки и 4069 Бк/сутки. В мышечной ткани лошадей прижизненной дозиметрией установлено содержание  $^{137}\text{Cs}$  не более 300 Бк/кг при действующем нормативном значении 370 Бк/кг.

**Ключевые слова:** лошади, заповедник, корма,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ .

*Polesie State Radioecological Reserve (PSRER) is a unique site having a permanently elevated radiation level and encompassing around 30 % of cesium-137, above 70 % of strontium-90 and approximately 97 % of transuranic elements. Despite this, starting from 1996, PSRER has been thoroughly involved in raising horses of the Russian Heavy Draft breed on its territory. Hence, the effect of chronic low-level radiation exposure in the ChNPP Exclusion Zone is of significant scientific and practical interest.*

*The housing and feeding conditions of the PSRER horses studied in 2021 show that radionuclide deposition density in the soils of cereal crop meadows and pastures is 15–25 Ci/km<sup>2</sup> (555–925 kBq/m<sup>2</sup>) for  $^{137}\text{Cs}$ , and from 1.0 to 2.0 Ci/km<sup>2</sup> (37–74 kBq/m<sup>2</sup>) for  $^{90}\text{Sr}$ . The levels of*

*<sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr concentration in grass vary between respective 14.2 to 112 Bq/kg and 33.8 to 191.0 Bq/kg. The values of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr concentrations in cereal hay vary from 14.2 to 112 Bq/kg and from 33.8 to 331.0 Bq/kg respectively. Concentrations of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in oat, triticale and barley are, respectively, 10.0 Bq/kg and 35 Bq/kg, 5.0 Bq/kg and 40.8 Bq/kg, and 7.5 Bq/kg and 49 Bq/kg. Forage and succulent feeds harvested from PSRER fields and preserved for the winter-housing season correspond to the regulatory requirements and are suitable for horse feeding with no limitations. The average activity concentration of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in a daily feed ration was 731.5 Bq/day and 1929 Bq/day in winter, and 1574 Bq/day and 4069 Bq/day in summer, respectively. Live animal measurements were made to determine <sup>137</sup>Cs activity concentrations in muscle tissue of horses, which was no higher than 300 Bq/kg as against an existing norm of 370 Bq/kg.*

**Key words:** horses, PSRER, feeds, <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr.

**Ведение.** Несмотря на прошедшие более тридцати лет с момента аварии, зона отчуждения ЧАЭС Беларуси, на которой создан Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (ПГРЭЗ), остается уникальным местом, где сохраняется повышенный радиационный фон. Здесь сосредоточено около 30 % <sup>137</sup>Cs, более 70 % <sup>90</sup>Sr и около 97 % трансурановых элементов [1, 2, 3]. За время, прошедшее после аварии, по мере распада, миграции и удаления радионуклидов из почвы за счет вымывания и других процессов мощность дозы на территории ПГРЭЗ снизилась в несколько раз [3]. Однако, на территории производственных участков, где содержатся лошади, сохраняется высокая плотность радиоактивного загрязнения и мощность экспозиционной дозы в отдельных местах достигает 1,0–1,5 мкЗв/час. Действие низкоинтенсивного хронического радиационного воздействия в малых дозах в зоне отчуждения ЧАЭС представляет значительный интерес для исследования их влияния на организм в целом и на отдельные наиболее радиочувствительные системы животных.

Цель работы – изучить радиологическую условия технологии содержания и кормления взрослых лошадей на территории ПГРЭЗ.

**Основная часть.** Измерение содержания <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в зеленой массе травостоев, сене, зерне ячменя, тритикале, овсе проводили аппаратным способом на бета-гамма-радиометре «Атомтех» МКС АТ1315 с погрешностью не более 30 %. Для составления рационов в летний период молодняка лошадей использовались фактические данные по удельной активности содержания <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в кормах, а также справочные данные по питательности кормов [4, 5, 6].

Измерение прижизненного содержания <sup>137</sup>Cs в мышечной ткани лошадей проводили в течение года с помощью радиометра дозиметра МКС-01 «Советник». Данные обрабатывались методами дисперсионно-

го и корреляционно-регрессионного анализов с использованием стандартного компьютерного программного обеспечения (Excel 7.0) [7].

По данным Национального статистического комитета в Беларуси по состоянию на 01.01.1941 года имелось 1170 тыс. лошадей, к началу 1991 года поголовье лошадей сократилось до 217 тыс. голов и в последующие годы продолжалось сокращение поголовья, минимум которого в количестве 33,6 тыс. голов, достиг к началу 2021 года (табл. 1). К этому времени в сельскохозяйственных организациях находилось 40 %, фермерских хозяйствах – 3,0 % и личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) – 57,0 % поголовья лошадей [8]. По областям республики поголовье лошадей в хозяйствах всех категорий составляло от 4,4 тыс. в Гродненской области до 6,6 тыс. в Брестской.

Таблица 1. Поголовье лошадей в Беларуси на начало 2021 года, тыс. голов

Области	Хозяйства всех категорий	В том числе		
		сельскохозяйственные организации	фермерские хозяйства	ЛПХ
Брестская	6,6	2,3	0,1	4,2
Витебская	5,1	2,1	0,2	2,8
Гомельская	5,7	2,0	0,1	3,6
Гродненская	4,4	2,4	0,0	2,0
Минская	6,1	2,7	0,4	3,0
Могилёвская	5,7	1,9	0,2	3,6
Беларусь	33,6	13,4	1,0	19,2

В течение 2021 года в ПГРЭЗ содержалось около 400 лошадей разного половозрастного состава, что составило около 7 % от областного показателя. В заповеднике все поголовье территориально разбито на 3 группы (участка): Брагинский, Наровлянский и Хойникский участки. На Брагинском участке содержатся молодые 1–2-летние кобылы в количестве 67 голов, на Наровлянском участке – 50 голов молодых жеребцов такого же возраста. На ферме «Воротец» содержится 278 голов основного поголовья.

Основу рациона лошадей в летне-пастбищный период составляет трава естественных и посевных пастбищ и сенокосов (зеленый корм).

Уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в кормах ПГРЭЗ определяли в течение 2020–2021 годов. С этой целью проводился отбор проб кормов, получаемых с сенокосно-пастбищных угодий (зеленой массы травостоев, сена) и полей севооборотов (зерна), расположенных на территории экспериментально-хозяйственной зоны ПГРЭЗ, с последующим определением в них содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Плотность загрязнения почв сенокосов и пастбищ на площади 349 га и полей зерновых куль-

тур на площади 271 га составляла по  $^{137}\text{Cs}$  15–25 Ки/км<sup>2</sup> (555–925 кБк/м<sup>2</sup>), по  $^{90}\text{Sr}$  – от 1,0 до 2,0 Ки/км<sup>2</sup> (37–74 кБк/км<sup>2</sup>). В 2020 году удельное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе травостоев сенокосов варьировало от 17 до 32 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  от 129 до 150 Бк/кг, пастбищ –  $^{137}\text{Cs}$  от 21 до 63 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  от 168 до 191 Бк/кг. Накопление  $^{90}\text{Sr}$  в зелёной массе сенокосов было выше в 4,7–7,6 раз, пастбищ – в 3,0–8,0 раз в сравнении с накоплением  $^{137}\text{Cs}$ .

В сене злаковом содержалось  $^{137}\text{Cs}$  от 27 до 49 Бк/кг и  $^{90}\text{Sr}$  от 164 до 331 Бк/кг. Превышение содержания  $^{90}\text{Sr}$  в сене превосходило содержание  $^{137}\text{Cs}$  в 6,1–6,8 раз.

В 2021 году удельное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе травостоев сенокосно-пастбищных угодий колебалось от 14,2 до 112 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  от 33,8 до 133,3 Бк/кг. Удельное содержание  $^{90}\text{Sr}$  превышало аналогичное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в 1,2–2,4 раза. Это свидетельствует о том, что в 2021 году концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в травостое сенокосно-пастбищных угодий была меньше, чем в предшествующем году.

В сене злаковом содержание  $^{137}\text{Cs}$  варьировало от 14,2 до 112 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – от 33,8 до 298 Бк/кг. В сравнении с 2020 годом в сене установлено несколько меньшее накопление  $^{90}\text{Sr}$ .

Проведенные исследования травостоев сенокосов на территории экспериментально-хозяйственной зоны ПГРЭЗ показали, что они представляют собой совокупность нескольких видов растений, из которых один (реже два) является доминирующим, и таким образом, концентрация радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растениях этого вида, в значительной степени определяет уровень загрязнения травостоя в целом. Более низким накоплением  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на почвах сенокосов экспериментально-хозяйственной зоны ПГРЭЗ, отличаются представители семейства злаковых (*Poaceae*) – 210–250 Бк/кг, а более высоким – семейства осоковых (*Cyperaceae*) – 300–350 Бк/кг).

В отношении концентрированных кормов показано, что в урожае зерновых 2020 года содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в зерне овса находилось соответственно на уровне 10 Бк/кг и  $^{90}\text{Sr}$  35 Бк/кг, зерне тритикале 10,1 Бк/кг и 40,8 Бк/кг и зерне ячменя 8,4 Бк/кг и 49 Бк/кг.

Также установлено, что в урожае зерновых культур 2021 года содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зерне овса находилось в количестве 10,0 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – 35 Бк/кг, соответственно в зерне тритикале – 5,0 Бк/кг и 40,8 Бк/кг, в зерне ячменя – 7,5 Бк/кг и 49 Бк/кг. Такие показатели удельного содержания радионуклидов свидетельствуют о том, что зерновые корма пригодны для скармливания лошадям без ограничений.

Заготовленные для лошадей на зимне-стойловый период грубые и сочные корма с полей экспериментально-хозяйственной зоны заповедника соответствовали нормативным требованиям (содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе до 165 Бк/кг, сене злаковом до 1300 Бк/кг) и они пригодны для скармливания лошадям без ограничений. Урожайность зерновых культур возделываемых на полях хозяйственно-экспериментальной зоны ПГРЭЗ в 2021 году в среднем составила 19,6 ц/га, в том числе ячменя – 16,4 ц/га, овса – 22 ц/га, тритикале – 21 ц/га. Урожайность сена находилась на уровне 12 ц/га.

При оценке уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  в организме лошадей разных половозрастных групп исходили из того, что согласно требованиям РДУ-99, удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в конине (мышечная ткань) не должно превышать 370 Бк/кг. Для этого общее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в суточном рационе лошадей в возрасте трех лет должно быть не более 5200 Бк/сутки. В соответствии с РДУ-99 содержание  $^{90}\text{Sr}$  в конине не нормируется.

При радиологическом анализе кормления животных было установлено, что среднее содержание в суточном рационе лошадей в зимне-стойловый период 2021 года составило по  $^{137}\text{Cs}$  – 731,5 Бк/сутки, по  $^{90}\text{Sr}$  – 1929 Бк/сутки. Фактический рацион лошадей в возрасте трех лет, используемый на основном поголовье конефермы «Воротец», в период зимнего содержания представлен в таблице 2. Из показателей таблицы 1 следует, что при удельной активности рациона по  $^{137}\text{Cs}$  731,5 Бк/сутки удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани лошадей находится на уровне  $298,7 \pm 0,8$  Бк/кг. Для определения удельного содержания  $^{90}\text{Sr}$  в тканях и органах лошадей, при его содержании в рационе 1929 Бк/сутки, требуется проведение дальнейших исследований.

Таблица 2. Содержание радионуклидов в рационе взрослых лошадей живой массой 600 кг в зимне-стойловый период

Корма	Масса корма, кг	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/сутки	$^{90}\text{Sr}$ , Бк/кг	$^{90}\text{Sr}$ , Бк/сутки
Сено злаковое	10	51,8	518	133,3	1333
Ячменная дерть	1,0	7,5	7,5	49	49
Овес	2	10	20	35	70
Солома ячменная	3	62	186	159	477
Итого в рационе, Бк/сутки			731,5		1929

Основными кормами рациона лошадей зимне-стойлового периода являются сено злаковое, солома ячменная, овес, ячменная дерть и три-

тикале. В качестве минеральной подкормки лошадей используется соль поваренная и премиксы.

В летне-пастбищный период 2021 года среднее содержание в рационе лошадей  $^{137}\text{Cs}$  установлено в количестве 1574 Бк/сутки,  $^{90}\text{Sr}$  – 4069 Бк/сутки. В данный период лошади выпасались на культурных пастбищах с применением загонной системы выпаса. Структура рациона лошадей в летний период состояла из зеленой массы (95 %) и концентратов (5 %) (табл. 3).

Таблица 3. Содержание радионуклидов в рационе взрослых лошадей живой массой 600 кг в летне-пастбищный период

Корма	Масса корма, кг	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/сутки	$^{90}\text{Sr}$ , Бк/кг	$^{90}\text{Sr}$ , Бк/сутки
Зеленая масса пастбищ	30	51,8	1554	133,3	3999
Овес	2	10	20	35	70
Итого в рационе	–	–	1574	168,3	4069

Из данных табл. 3 видно, что при скармливании лошадям зеленых кормов сенокосов и пастбищ со средним содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в рационе в течение летне-пастбищного периода в количестве 1574 Бк/сутки, удельная активность радионуклида в мышечной ткани установлена на уровне  $239,8 \pm 0,6$  Бк/кг. Содержание в рационе  $^{90}\text{Sr}$  (4069 Бк/сутки) превышало аналогичное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в 2,6 раза.

Результаты прижизненной дозиметрии лошадей (109 голов) радиометром-дозиметром МКС-01 «Советник» не выявили превышения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани лошадей выше 300 Бк/кг.

Установлено, что в зимне-стойловый период в организме лошадей  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  накапливается более интенсивно, чем в летне-пастбищный период.

**Заключение.** За время 1991–2021 годов в Беларуси поголовье лошадей сократилось в 6,5 раз с 217 до 33,6 тыс. голов. В Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике содержится около 400 лошадей разного половозрастного состава. Исследование радиологических показателей содержания и кормления лошадей свидетельствует, что плотность загрязнения почв сенокосов и пастбищ  $^{137}\text{Cs}$ , под зерновыми культурами составляет 15–25 Ки/км<sup>2</sup> (555–925 кБк/м<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – от 1,0 до 2,0 Ки/км<sup>2</sup> (37–74 кБк/км<sup>2</sup>). Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе травостоев сенокосно-пастбищных угодий варьирует от 14,2 до 112 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – от 33,8 до 191,0 Бк/кг. В сене злаковом содержание  $^{137}\text{Cs}$  колеблется от 14,2 до 112 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – от 33,8 до 331,0 Бк/кг. В 2021 году содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зерне овса находилось на

уровне 10,0 Бк/кг,  $^{90}\text{Sr}$  – 35 Бк/кг, соответственно в зерне тритикале – 5,0 Бк/кг и 40,8 Бк/кг, в зерне ячменя – 7,5 Бк/кг и 49 Бк/кг. Заготовленные для лошадей на зимне-стойловый период грубые и сочные корма с полей экспериментально-хозяйственной зоны заповедника соответствуют нормативным требованиям и пригодны для скармливания лошадям без ограничений. Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в суточном рационе лошадей в зимне-стойловый период 2021 года составляло около 731,5 Бк/сутки,  $^{90}\text{Sr}$  – 1929 Бк/сутки, в летне-пастбищный период соответственно 1574 Бк/сутки и 4069 Бк/сутки. В мышечной ткани лошадей прижизненной дозиметрией установлено содержание  $^{137}\text{Cs}$  не более 300 Бк/кг при действующем нормативном значении 370 Бк/кг.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. История преодоления последствий Чернобыльской катастрофы / Департамент по ликвидации последствий на Чернобыльской АЭС МЧС Республики Беларусь. – Минск, 2020. – 319 с.
2. Карпенко, А. Ф. Биогеохимия почв юго-востока Беларуси как основа кормопроизводства / А. Ф. Карпенко. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2021. – 233 с.
3. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021-2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.
4. Дубежинский, Е. В. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Коневодство» / Е. В. Дубежинский, С. Н. Почкина. – Горки, 2011. – 201 с.
5. Кормовые нормы и состав кормов: справ. пособие / А. П. Шпаков, В. К. Назаров, И. Л. Певзнер, Б. С. Маковский. – Мн.: Ураджай, 1991. – 384 с.
6. Портной, А. И. Управление качеством молока при интенсификации молочного скотоводства: монография / А. И. Портной, В. А. Другакова. – Горки: БГСХА, 2017. – 310 с.
7. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Высшая школа, 1973. – 318 с.
8. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2021. – С. 115–149. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 14.01.2022.